

# KONUTLARDA YILLIK ISITMA İHTİYACININ MODELLENMESİ\*

Serkan BÜYÜKYILDIZ - Ahmet ARISOY

İ.T.Ü. Makina Fakültesi

## ÖZET

Yapılarda yıllık enerji ihtiyacının bilinmesi son derece önemlidir. Bu hesaplama günümüzde dinamik modellemeye dayalı bilgisayar programları ile yapılmaktadır. Kullanılmakta olan ticari programların çoğu Türkiye için uygun değildir. Ülkemiz şartlarına uygun ve herkesin kullanımına açık bir programın geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu bildiri bu konuda yapılan çalışmanın içeriğini anlatmaktadır.

Anahtar kelimeler: Yıllık ısınma ihtiyacı.

## GİRİŞ

Yapılarda yıllık enerji ihtiyacının bilinmesi tasarım açısından son derece önemlidir. Yıllık enerji gideri ve ilk yatırım maliyeti arasında yapılacak ekonomik optimizasyon ömür maliyeti en düşük sistemi belirlemeyi sağlar. Uygun sistem seçimi yanı sıra en uygun bina komponentlerinin ve bina oryantasyonunun belirlenmesi de yıllık enerji maliyeti ile ilgilidir.

Sistem işletme stratejisinin belirlenmesinde de yıllık enerji ihtiyacı kritik bir değerdir. Bir yıl boyunca kullanılacak enerji miktarı minimum olacak ancak istenen konforun sağlanmasına da olanak tanıyan strateji seçilmelidir.

Günümüzde iyice önem kazanan çevre problemleri, yapı standartların belirlenmesi, enerji giderlerinin paylaşılması gibi insanlar arası bir takım hukuksal meseleler yine yıllık enerji ihtiyacı ile ilintili diğer konulardır.

Bina enerji ihtiyacı çok sayıda etkene bağlıdır. Bunlar sırasıyla:

- 1- Mekanik sistem özellikleri
- 2- Binanın mimari yapısı
- 3- Bina komponentlerinin özellikleri
- 4- İklim yapısı
- 5- İşletme rejimi
- 6- Konfor şartları
- 7- Yakıt tipi
- 8- Bakım ve servis özellikleri

Ne denli çok sayıda değişken hesaba katılırsa o oranda doğru sonuçlar almak mümkündür. Ancak değişken sayısının artması ile çözüm zorlaşmakta ve elle çözüm mümkün olmaz hale gelmektedir. Bilgisayarların gelişip yaygınlaşması daha çok etkeni göz önüne alma şansı tanıdı. Özellikle binanın ısı atalet özelliğini hesaba katan dinamik modellemeye dayalı yöntemler gelişme fırsatı buldu. Elle hesaba imkan tanıyan statik yöntemler günümüzde yakıt tankı kapasite hesabı gibi basit bir takım hesaplamalar için kullanılmaktadır.

Dinamik yöntemler genel olarak iki grupta incelenebilir. İlki temel enerji denklemlerinin çözümüne dayalı fundamental yöntemler, ikincisi ise atalet etkisini bir takım katsayılar ile göz önüne alan daha basit yöntemlerdir. Birinci metodda denklemlerin çözümünün analitik olarak yapılması pek mümkün olmadığından ya nümerik yöntemler kullanılmakta ya da ASHRAE'de geçen transfer function method'da olduğu gibi yarı teorik katsayılar kullanılmaktadır. İkinci yöntem ise enerji kayıp ve kazancı statik enerji bilançosu hesaplandıktan sonra ısı atalet etkisi zaman gecikmesi faktörleri ile basitçe göz önüne alınmaktadır.

Genelde enerji ihtiyacı tahmin programları üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde binanın ısı kayıp veya kazancı hesaplanmakta, ikinci bölümde dağıtım veya kontrol sistemi gibi bölümler modellenmekte, son bölümde ise ısı kaynağı simüle edilmektedir. Bazı programlar ekonomik analiz yapılan bir dördüncü bölümü de içermektedirler. Bu gün yurtdışında pek çok ticari bilgisayar programı yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu programların çoğu soğutma konusuna ağırlık vermiştir. Isıtma hesaplamasını içeren programlar ise genellikle havalandırma ile ısıtma yapılan sistemler için geçerli olmaktadır. Halbuki ülkemiz için radyatörlü ısıtma sistemi

en çok kullanılan sistemdir. Bunun yanı sıra programlarda kullanılan kabul ve ihmaller o memleketin özelliklerini taşımakta, bunların ve iklimik dataların program içine girilerek ülkemiz şartlarına adapte edilmeleri mümkün olamamaktadır.

Programların genelinde rastlanan bir diğer kötü durum ise iç hava sıcaklığının sabit kabul edilmesidir. İç hava sıcaklığının kontrol sistemi tarafından sabit tutulduğu düşünülür. Halbuki sıcaklık kontrol sisteminin karakteristiğine göre veya belli zamanlarda ısı kaynağının çalıştırılmaması durumunda iç sıcaklık zamanla değişecektir. Çoğu programda ısı kaynağı simülasyonu cihaz veriminin farklı dış sıcaklıklar için değişen bir katsayı olarak göz önüne alınmasından ibarettir. Bu katsayılar genelde deneysel olarak elde edilmiş rakamlardır. Isı kaynağı için gerçek bir matematik modelleme yapılmamaktadır. Son olarak bu programlar pek çok kimsenin kullanamayacağı derecede pahalıdır.

Tüm bu nedenlerle yabancı kaynaklı programlar ülkemiz için tam anlamıyla doğru sonuçlar vermemektedir. Türkiye şartlarına uygun yazılımlar geliştirilmesi ihtiyacı vardır. Sunulan bu bildiri böyle bir çalışmanın içeriğini ve elde edilen sonuçlar ile bunların yorumlarını içermektedir.

## **PROGRAM TEMEL YAPISI**

Program yukarıda zikredilen üç bölümden oluşmuştur. Bir takım mimari bilgiler ile sistem bilgileri kullanıcı tarafından girilmekte iklim dataları ise bir dosyadan okunmaktadır. Programdan çıktı olarak ise iç sıcaklık, yakıt sarfiyatı ve gerçek kazan verimi değerlerinin yıl boyunca saatlik değişimleri alınmaktadır.

Programın ilk bölümünde bina ısıtma ihtiyacı hesaplanmaktadır. Program yalnız ısıtma bölümünü ihtiva etmektedir. Isıtma ihtiyacı hesaplanırken tüm yapı için zamana bağlı ısı denge denklemleri yazılmış ve denklemler sonlu farklar metodu ile çözülmüştür. Binanın tek bir ortam sıcaklığı ile ifade edilebilen tek zonlu bir yapı olduğu kabul edilmiştir. Apartmanlar için bu kabul rahatlıkla yapılabilmektedir. Ancak program değişik zonlar ihtiva eden iş merkezleri gibi kompleks yapılara uygulanamamaktadır.

Programın ikinci bölümünde radyatörlü sistem ve kontrol sistemleri modellenmiştir. Kontrol sistemi olarak şu sistemler kullanılmıştır. Kazan suyu sıcaklığının termostat yardımıyla sabit tutulduğu elle ayarlamalı sistem (A), dış hava kompanzasyon cihazı ile kazan suyu sıcaklığının ayarlandığı sistem (B), kazan suyu sıcaklığının sabit tutulup sisteme giden su sıcaklığının ayarlandığı dört yollu vana sistemi (C) ve radyatörlerde termostatik vanaların bulunduğu sistem (D).

Isı kaynağı olarak tek kademeli on-off brülör bulunduran silindirik çelik kazan kullanıldığı kabul edilmiş ve son bölümde modellenmiştir. Kazandaki yanma kayıpları, cidar ve baca kayıpları, kazanın durma ve çalışma süreleri ve saatlik salt sayısı oluşturulan model yardımıyla hesaplanmakta ve kazan verimi bulunmaktadır. Pek çok diğer programda yapıldığı gibi kazan veriminin bir takım katsayılarla göz önüne alınması yoluna gidilmemiştir.

Dış sıcaklık, güneş ışınımı gibi bir takım iklim datalarının saatlik değerler olduğu yani bir saat boyunca değişmediği kabul edilmiştir. Buna göre hesaplanan iç sıcaklık, yakıt sarfiyatı, kazan verimi değerlerinin de bir saat boyunca aynı kaldığı düşünülmüştür. Hesaplamalar bir ısıtma mevsiminin her günü için yapılmak yerine her ayı temsil eden ortalama günler için yapılmıştır. Yıllık toplam sarfiyatı buradan erişilmektedir.

Modelde kullanılan denklemler basit temel enerji denge denklemlerine dayanmaktadır. Bunlar burada ayrıntılarıyla verilmemiştir. Bunun yerine programdan elde edilen sonuçlar üzerinde durulacaktır.

## **PROGRAM SONUÇLARI**

Program örnek bir binaya uygulanmak suretiyle bir takım sonuçlar alınmıştır. Örnek bina 4 katlı, 8 dairesel oturma alanı 442 m<sup>2</sup> olan bir konuttur. Bina ile ilgili diğer veriler:

Toplam dış duvar alanı= 864 m<sup>2</sup>

Toplam pencere alanı= 168 m<sup>2</sup>

Toplam iç duvar alanı= 2750 m<sup>2</sup>

Radyatörlerin toplam KF değeri= 1200 kcal/h.C

Dolaşım pompası debisi= 3500 L/h

Kazan ısı kapasitesi= 80 000 kcal/h

Brülör gücü= 100 000 kcal/h

Yakıt sarfiyatı üzerinde en önemli etken kontrol sistemidir. Dış hava kompanzasyon cihazı ile kazan suyu veya sisteme giden su sıcaklığının ayarlandığı sistemler (B), kazan su sıcaklığının elle ayarlandığı sisteme (A) oranla % 30 oranında daha az yakıt yakmaktadır. Termostatik vanalı sistemde (D) ise yakıt sarfiyatı yarı yarıya olmaktadır. Elbetteki elle ayarlamalı sistemin performansı bina görevlisinin davranışına bağlı olmaktadır. Değişen dış sıcaklığa göre sürekli uygun su sıcaklığının ayarlanması durumunda yukarıdaki çok büyük farklar

oluşmayacaktır. Tablo 1'de İstanbul ocak ayı için dört ayrı kontrol sistemi için elde edilen yakıt tüketim değerleri görülmektedir. İlk sistemde bu kadar yüksek sarfiyatlar çıkmasının nedeni hava sıcaklıklarının tasarım değerinin çok üzerinde olmasına karşın kazanın tam kapasite ile yanmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısı ile sarfiyat fazlalığının yanı sıra ortam sıcaklığı da rahatsız edici düzeye erişmektedir. B ve C sistemlerinde binaya daha uygun bir kompozisyon eğrisi seçilerek sarfiyat biraz daha düşürülebilir. Ancak D sisteminde olduğu gibi ortam sıcaklığının tam olarak istenen değere ayarlanması imkanı pratikte biraz güçtür.

Yakıt sarfiyatı üzerinde etkili olan bir diğer faktör bina kütesidir. Bina ataletinin etkisini görmek için ısı dirençleri aynı ancak yoğunlukları farklı malzemelerden yapılmış iki bina karşılaştırılmışım Aşağıdaki tabloda her iki bina komponentlerinin özellikleri görülebilir.

Her iki örnek bina da dış hava kompozisyonlu (B) ve termostatik vana kontrollü (D) uygulanmıştır. Buradan anlaşıldığı kadarı ile bina kütesinin yakıt sarfiyatı üzerine etkisi kontrol tipine bağlı kalmaktadır. Tablo 3 'den görüleceği üzere B kontrolü için her iki bina arasında hemen hiç sarfiyat farkı yokken D kontrolü için ağır binadaki sarfiyat % 10 daha az olmaktadır.

İç sıcaklık değerlerine bakıldığında ağır binada sıcaklık dalgalanmasının daha az olduğu görülmektedir. Gece boyunca kazanın yanmadığı saatlerde ağır binada sıcaklık düşümü az olmakta bunun yanı sıra kazan yanarken de ortam sıcaklığı hafif olanın ki kadar anmamaktadır. Termostatik vanalı sistemde kazanın yanmaya başladığı saatte ağır bina ile hafif olan arasında 0.7 °C ısı sıcaklık farkı görülmektedir. Değerler tablo 4'ten izlenebilir.

Binada bir diğer önemli etken işletme stratejisidir. Gece boyunca kazanın susturulması önemli miktarda yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Ancak sıcaklık düşümü konfor şartlarından uzaklaşılmasına neden olur. Gece daha düşük sıcaklıklar yeterli olsa da sabah ortam sıcaklığı belli bir değerde olmalıdır. Bu iki faktörün, yakıt sarfiyatı ve ortam sıcaklığının birlikte düşünülmesi ile bina için en uygun işletme şekli ortaya çıkacaktır. Tablo 6'da iki işletme şeklinde yakıt sarfiyatları, tablo 7'de ise bu iki durumdaki ortam sıcaklıkları görülmektedir.

Daha yüksek iç sıcaklıklar istendiğinde daha fazla yakıt sarfiyatı göz önüne alınmalıdır.

Tablo 7'den de görüleceği üzere ortam sıcaklığındaki her 1°C'lik artış % 10'luk yakıt sarfiyatı fazlalığına neden olmaktadır. Bu değer literatüre uygun düşmektedir.

Şekil 1 'de günlük yakıt sarfiyatı değerlerinin karşılaştırılması grafik olarak görülmektedir.

**Tablo 1.**

Saat	Yakıt Sarfiyatı (kg/saat)				Saat	Yakıt Sarfiyatı (kg/saat)			
	A	B	C	D		A	B	C	D
1	0	0	0	0	13	8.20	5.00	5.16	0.23
2	0	0	0	0	14	8.12	4.91	5.06	0.23
3	0	0	0	0	15	8.03	4.86	5.02	0.23
4	0	0	0	0	16	7.95	5.20	5.34	0.23
5	0	0	0	0	17	7.91	5.47	5.60	1.69
6	8.76	7.02	7.12	9.28	18	7.92	5.55	5.68	3.27
7	8.65	6.73	6.84	9.12	19	7.94	5.61	5.74	4.01
8	8.60	6.67	6.78	8.76	20	7.95	5.51	5.63	4.59
9	8.53	6.53	6.64	4.70	21	7.97	5.53	5.66	5.05
10	8.45	5.83	5.96	2.90	22	7.99	5.77	5.89	5.53
11	8.36	5.52	5.67	1.95	23	8.01	5.86	5.98	5.84
12	8.28	5.20	5.35	1.17	24	8.03	5.95	6.07	6.10
					Toplam	156.65	108.72	111.19	74.88

Tablo 2.

A Binası		B Binası	
Dış duvar kalınlığı	: 20 cm	Dış duvar kalınlığı	: 20 cm
Dış duvar ısı iletim katsayısı	: 0.25 kcal/m.h.°C	Dış duvar ısı iletim katsayısı	: 0.25 kcal/m.h.°C
Dış duvar özgül ısı	: 0.2 kcal/kg.°C	Dış duvar özgül ısı	: 0.2 kcal/kg.°C
Dış duvar yoğunluğu	: 500 kg/m <sup>3</sup>	Dış duvar yoğunluğu	: 900 kg/m <sup>3</sup>
Zemin kalınlığı	: 20 cm	Zemin kalınlığı	: 20 cm
Zemin ısı iletim katsayısı	: 0.4 kcal/m.h.°C	Zemin ısı iletim katsayısı	: 0.4 kcal/m.h.°C
Zemin özgül ısı	: 0.2 kcal/kg.°C	Zemin özgül ısı	: 0.2 kcal/kg.°C
Zemin yoğunluğu	: 1000 kg/m <sup>3</sup>	Zemin yoğunluğu	: 1500 kg/m <sup>3</sup>
Çatı kalınlığı	: 30 cm	Çatı kalınlığı	: 30 cm
Çatı ısı iletim katsayısı	: 0.4 kcal/m.h.°C	Çatı ısı iletim katsayısı	: 0.4 kcal/m.h.°C
Çatı özgül ısı	: 0.2 kcal/kg.°C	Çatı özgül ısı	: 0.2 kcal/kg.°C
Çatı yoğunluğu	: 1000 kg/m <sup>3</sup>	Çatı yoğunluğu	: 1500 kg/m <sup>3</sup>

Tablo 3.

B KONTROLÜ		D KONTROLÜ		B KONTROLÜ		D KONTROLÜ			
Saat	Yakıt Sarfıyatı (kg/saat)			Saat	Yakıt Sarfıyatı (kg/saat)				
	A Binası	B Binası	A Binası	B Binası	A Binası	B Binası	A Binası	B Binası	
1	0	0	0	0	13	5.00	4.99	0.23	0.94
2	0	0	0	0	14	4.91	4.92	0.23	0.25
3	0	0	0	0	15	4.86	4.89	0.23	0.23
4	0	0	0	0	16	5.20	5.25	0.23	0.79
5	0	0	0	0	17	5.47	5.53	1.69	2.53
6	7.02	6.94	9.28	9.20	18	5.55	5.61	3.27	3.03
7	6.73	6.63	9.12	8.44	19	5.61	5.67	4.01	3.38
8	6.67	6.57	8.76	5.26	20	5.51	5.64	4.59	3.78
9	6.53	6.43	4.70	3.76	21	5.53	5.55	5.05	4.20
10	5.83	5.74	2.90	2.65	22	5.77	5.79	5.53	4.71
11	5.52	5.46	1.95	2.19	23	5.86	5.87	5.84	5.06
12	5.20	5.16	1.17	1.71	24	5.95	5.95	6.10	5.37
					Toplam	108.72	108.49	74.88	67.48

Tablo 4.

B KONTROLÜ		D KONTROLÜ		B KONTROLÜ		D KONTROLÜ			
Saat	İç Sıcaklık			Saat	İç Sıcaklık				
	A	B	A	B	A	B	A	B	
1	22.40	22.50	20.00	20.00	13	21.60	21.70	20.00	20.00
2	21.00	21.10	19.40	19.40	14	22.10	22.00	20.00	20.00
3	20.10	20.30	19.00	19.10	15	22.70	22.50	20.20	20.00
4	19.30	19.70	18.50	18.80	16	23.30	22.80	20.30	20.00
5	18.60	19.10	17.90	18.40	17	23.60	23.00	20.20	20.00
6	17.90	18.60	17.40	18.00	18	23.50	23.00	20.00	20.00
7	18.70	19.40	18.70	19.40	19	23.40	22.90	20.00	20.00
8	19.00	19.80	19.30	20.00	20	23.20	22.90	20.00	20.00
9	19.40	20.20	20.00	20.00	21	23.10	22.80	20.00	20.00
10	20.00	20.70	20.00	20.00	22	22.90	22.70	20.00	20.00
11	20.60	21.10	20.00	20.00	23	22.70	22.60	20.00	20.00
12	21.10	21.40	20.00	20.00	24	22.60	22.50	20.00	20.00

Tablo 5.

B KONTROLÜ					D KONTROLÜ					
Yakıt Sarfıyatı					Yakıt Sarfıyatı					
Saat	Devamlı Çalışma	Kesintili Çalışma	Devamlı Çalışma	Kesintili Çalışma	Saat	Devamlı Çalışma	Kesintili Çalışma	Devamlı Çalışma	Kesintili Çalışma	
	DÇ	KÇ	DÇ	KÇ		DÇ	KÇ	DÇ	KÇ	
1	5.67	0.00	3.02	0.00	13	4.73	5.00	0.23	0.23	
2	5.75	0.00	3.53	0.00	14	4.65	4.91	0.23	0.23	
3	5.80	0.00	4.18	0.00	15	4.62	4.86	0.23	0.23	
4	5.99	0.00	4.86	0.00	16	4.96	5.20	0.23	0.23	
5	6.30	0.00	5.56	0.00	17	5.24	5.47	1.07	1.69	
6	6.45	7.02	6.08	9.28	18	5.34	5.55	3.07	3.27	
7	6.28	6.73	6.27	9.12	19	5.41	5.61	3.87	4.01	
8	6.28	6.67	4.68	8.76	20	5.32	5.51	4.48	4.59	
9	6.17	6.53	3.09	4.70	21	5.35	5.53	4.97	5.05	
10	5.49	5.83	1.79	2.90	22	5.60	5.77	5.47	5.53	
11	5.21	5.52	1.15	1.95	23	5.70	5.86	5.80	5.84	
12	4.90	5.20	0.60	1.17	24	5.80	5.95	6.07	6.10	
Toplam					133.01	108.72	80.53	74.88		

Tablo 6.

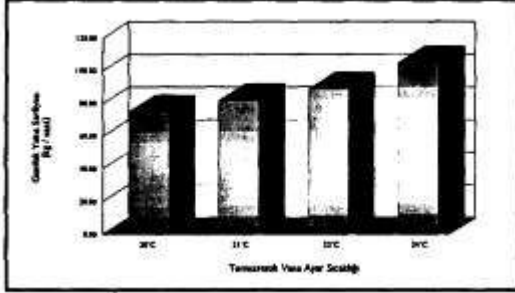
B KONTROLÜ					D KONTROLÜ				
Saat	İç Sıcaklık				Saat	İç Sıcaklık			
	Devamlı Çalışma	Kesintili Çalışma	Devamlı Çalışma	Kesintili Çalışma		Devamlı Çalışma	Kesintili Çalışma	Devamlı Çalışma	Kesintili Çalışma
	DÇ	KÇ	DÇ	KÇ		DÇ	KÇ	DÇ	KÇ
1	23.5	22.4	20.0	20.0	13	23.8	21.6	20.0	20.0
2	23.3	21.0	20.0	19.4	14	24.3	22.1	20.1	20.0
3	23.1	20.1	20.0	19.0	15	24.7	22.7	20.3	20.2
4	22.9	19.3	20.0	18.5	16	25.2	23.3	20.5	20.3
5	22.7	18.6	20.0	17.9	17	25.4	23.6	20.3	20.2
6	22.5	17.9	20.0	17.4	18	25.2	23.5	20.0	20.0
7	22.3	18.7	20.0	18.7	19	25.0	23.4	20.0	20.0
8	22.1	19.0	20.0	19.3	20	24.8	23.2	20.0	20.0
9	22.3	19.4	20.0	20.0	21	24.5	23.1	20.0	20.0
10	22.7	20.0	20.0	20.0	22	24.3	22.9	20.0	20.0
11	23.1	20.6	20.0	20.0	23	24.1	22.7	20.0	20.0
12	23.5	21.1	20.0	20.0	24	23.8	22.6	20.0	20.0

Tablo 7.

Saat	Yakıt Sarfıyatı				Saat	Yakıt Sarfıyatı			
	Termostatik Vana Ayar Sıcaklığı					Termostatik Vana Ayar Sıcaklığı			
	20°C	21°C	22°C	24°C		20°C	21°C	22°C	24°C
1	0	0	0	0	13	0.23	0.70	1.18	2.22
2	0	0	0	0	14	0.23	0.23	0.34	1.31
3	0	0	0	0	15	0.23	0.23	0.23	1.00
4	0	0	0	0	16	0.23	0.23	1.11	2.11
5	0	0	0	0	17	1.68	2.81	3.32	4.21
6	9.27	9.17	9.07	8.86	18	3.26	3.82	4.30	5.16
7	9.11	9.02	8.92	8.72	19	4.00	4.51	4.96	5.82
8	8.75	8.94	8.85	8.66	20	4.58	5.06	5.50	6.34
9	4.69	6.00	7.49	8.59	21	5.04	5.50	5.93	6.77
10	2.89	3.51	4.16	6.65	22	5.52	5.96	6.39	7.22
11	1.94	2.49	3.05	4.33	23	5.83	6.29	6.69	7.52
12	1.16	1.67	2.18	3.31	24	6.09	6.52	6.94	7.77
Toplam					74.73	82.64	90.61	106.57	

## SONUÇLAR

Ülkemizde tasarımlar ise çok eskimiş olan statik hesaplamalar ile gerçekleştirilmektedir. Her ne kadar büyük ticari yapıların projelerinde dinamik modellemeye dayalı programlar kullanılıyorsa da çoğunluğu oluşturan konut projelendirmesinde bunlar kullanılmamaktadır. Ülke şartlarına uygun böyle yazılımların gerçekleştirilmesine şiddetle ihtiyaç vardır. Bu amaca yönelik olarak herkesin kullanımına açık bir yazılım oluşturulmuştur. Alınan sonuçlar literatür ile uyum sağlamaktadır.



## KAYNAKLAR

1. ASHRAE Handbook Fundamentals, CH 28 - 1993.
2. KREİDER C. R, RABLA., Heating and Cooling of Buildings, McGraw Hill 1994.
3. LANDRY, MADDOX, LOBSTEIN, BOHAC, Measuring Efficiency of Space Heating ASHRAE Journal, P38, Sep. 1993.
4. AYRES M., STAMPER E., Historical Development of Building Energy Calculations ASHRAE Journal, P47 Feb. 1995.

\* Bu makale ULİBTK '97 II. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi Edirne-Eylül 1997 Bildiriler kitabından alınmıştır.